نشریه تولید گیاهان زراعی
جلد هفتم، شماره اول، بهار ۹۲
۴۴-۲۵
http://ejcp.gau.ac.ir

بررسی صفات فیزیولوژیکی مرتبط با انتقال مجدد ذخایر ساقه تحت تنش شوری انتهای فصل در گندم

ماهرخ شربتخواری[۱]، سراله گالشی[۲]، زهرا سادات شبر[۳]، افشین سلطانی[۲] و بابک ناخدا[۳]

[۱و۲]دانشجوی دکتری و استاد گروه زراعت، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع‌طبیعی گرگان،
[۳]استادیار پژوهشکده بیوتکنولوژی کشاورزی ایران، کرج

تاریخ دریافت: ۹۲/۱/۱۹ ؛ تاریخ پذیرش: ۹۲/۶/۱۰

چکیده

انتقال مجدد ذخایر ساقه گندم در تنش خشکی انتهای فصل اهمیّت زیادی در حفظ عملکرد دانه دارد؛ ولی اهمیّت این مکانیزم در تنش شوری به‌خوبی روشن نیست. در این تحقیق انتقال مجدد ذخایر ساقه در تنش شوری انتهای فصل روی دو ژنوتیپ No۱۴ و No۴۹ که از نظر انتقال مجدد طی تنش خشکی متفاوت گزارش شده بودند، همراه با دو رقم بم و قدس (به‌ترتیب متحمل و حساس به شوری) در گلخانه بررسی شد. اعمال شوری از شروع گرده‌افشانی از طریق آب آبیاری با هدایت الکتریکی ۱۵ دسی‌زیمنس بر متر صورت گرفت. آزمایش‌ها به‌صورت فاکتوریل بر پایه طرح کاملاً تصادفی در سه تکرار و نمونه‌برداری از ساقه طی پنج مرحله با دوره‌های هفت روزه از شروع گرده‌افشانی انجام شد و تغییرات وزن خشک، چگالی وزنی و قند محلول کل ساقه، انتقال مجدد، کارایی انتقال و عملکرد دانه اندازه‌گیری گردید. بر اساس نتایج این تحقیق، تحت تنش، بالاترین عملکرد، انتقال مجدد و سهم انتقال مجدد در عملکرد در رقم بم و بیشترین افت عملکرد در رقم قدس مشاهده شد. رقم بم با بالاترین کارایی انتقال، از نظر مقدار تولید کربوهیدرات محلول و انتقال مجدد آن تحت تنش نیز رتبه اول را داشت. وجود همبستگی مثبت و معنی‌دار بین میزان انتقال مجدد با مقدار عملکرد در شوری انتهای فصل نشان داد که با وجود اعمال شوری از گرده‌افشانی و تداوم فتوسنتز تا اواسط پر شدن دانه‌ها، انتقال مجدد سهم قابل توجهی در تولید عملکرد ژنوتیپ‌های متحمل تحت تنش شوری داشت.

واژه‌های کلیدی: انتقال مجدد، شوری انتهای فصل، گندم

*مسئول مکاتبه: m.sharbatkhari@gmail.com

مقدمه

در مناطق با آب و هوای مدیترانه‌ای با تابستان خشک و نیمه خشک، گیاهان زراعی در انتهای رشد رویشی خود با کاهش بارندگی مواجه می‌شوند. کاهش دسترسی به آب آبیاری و افزایش میزان تبخیر و تعرق گیاه در اثر افزایش دما منجربه تجمع املاح در محلول خاک و شوری آن شده و در این شرایط گیاه زراعی در مرحله رشد زایشی خود با شوری خاک مواجه می‌گردد (کریم و همکاران، ۱۹۹۳). علاوه‌بر این به‌دلیل کمبود آب با کیفیت و مناسب در مناطق با کشت دیم، مدیریت آبیاری مزارع به گونه‌ای است که با انجام سیستم آبیاری تکمیلی در مراحل انتهایی رشد و نمو گندم که حساسیت کمتری به شوری وجود دارد (کامکار و همکاران، ۲۰۰٤) آبیاری مزارع با آب زهکش که بسته به منطقه شور یا تقریباً شور هستند انجام می‌شود. این سیستم آبیاری منجر به تجمع نمک‌ها و بروز شوری خاک در انتهای فصل می‌گردد و می‌تواند تا ۲۵ درصد منجر به کاهش عملکرد دانه در مقایسه با تیمار شاهد آبیاری با آب معمولی گردد (حمدی و همکاران، ۲۰۰۵) به‌دلیل تنش اسمزی و یونی ناشی از شوری، گیاه از مکانیزم‌های مختلفی نظیر تنظیم اسمزی برای تداوم جذب آب از طریق تجمع اسمولیت‌ها و کنترل ورود سدیم و کده‌بندی آن در واکوئل برای تحمل شوری استفاده می‌کند (جنک و همکاران، ۲۰۰۷). با وجود این مکانیزم‌ها، تداوم تنش شوری می‌تواند منجربه کاهش کارایی سیستم فتوسنتزی گیاه در انتهای فصل رشد گردد.

فتوسنتز جاری به‌عنوان منبع مهم کربن برای پرشدن دانه معمولاً بعد از گلدهی در اثر پیری و تنش‌های مختلف کاهش می‌یابد. علاوه‌بر این گیاه در طول دوره پر شدن دانه سریع تنفس می‌کند و فتوسنتز برگ پرچم به تنهایی برای تأمین همزمان نیاز تنفسی و پر شدن دانه کافی نیست. لذا مقدار قابل توجهی از کربوهیدرات موردنیاز دانه گندم، از ذخایر ساقه قبل از گل‌دهی فراهم می‌شود (مک کلاف و هانت، ۱۹۸۹؛ بلام، ۱۹۹۸).

سهم انتقال مجدد ذخایر کربنی از ساقه به دانه در اثر تنش خشکی آخر فصل به دلیل تسریع پیری در گیاه به بیشتر از ٤۰ درصد افزایش یافته (یانگ و همکاران، ۲۰۰۰) و در این شرایط کارایی انتقال کربوهیدرات محلول از میانگره‌ها بهبود می‌یابد (اهدایی و همکاران، b ۲۰۰٦). در رابطه با انتقال مجدد در تنش شوری مطالعات محدودی انجام شده است. نتایج تحقیقات ماشی و گالشی (۲۰۰٦) روی جو نشان داد زمانی‌که گیاه از ابتدای رشد خود تحت تأثیر شوری قرار گرفت، عملکرد دانه کاهش یافت. در این شرایط سهم انتقال مجدد ذخایر ساقه ۲۰ درصد وزن دانه بوده که در مقایسه با تیمار شاهد ۱۰

درصد افزایش یافت (ماشی، ۲۰۰٦). بر اساس تحقیقات انجام شده درصد انتقال مجدد کربن از ساقه در شرایط تنش خشکی نسبت به شرایط آبیاری از ۵۷ درصد به ۷۹ درصد رسیده است (یانگ و ژانگ، ۲۰۰٦). شایان ذکر است تنش خشکی در کاهش رشد و عملکرد گیاه نسبت به تنش شوری از تأثیر نسبی بیشتری برخوردار است (کیانی و همکاران، ۲۰۰٤).

پتانسیل ذخیره ساقه به‌عنوان یک مخزن توسط طول ساقه و چگالی وزنی ساقه تعیین می‌شود. چگالی وزنی برابر وزن خشک ساقه در هر واحد از طول آن است. ظرفیت ذخیره‌سازی و انتقال مجدد در طول ساقه نیز متفاوت است (بلام، ۱۹۹۸). در رابطه با الگوی تجمع قندها در میانگره‌های مختلف ساقه نتایج مختلفی گزارش شده است. در این راستا برخی محققین، میانگره متصل به سنبله[1] و میانگره ماقبل آخر[2] (واردلاو و ویلنبرینک، ۱۹۹٤؛ اسکوفیلد و همکاران، ۲۰۰۹) و برخی دیگر میانگره‌های پایینی گندم را حاوی بیشترین ذخایر کربوهیدرات محلول معرفی نمودند (اهدایی و همکاران، b ۲۰۰٦؛ جودی، ۲۰۱۰).

روند تغییرات وزن خشک ساقه و قندهای محلول در دوره پر شدن دانه‌ها و انتقال مجدد تحت تنش خشکی انتهای فصل در آزمایش‌های متعددی مطالعه شده است (یانگ و همکاران، ۲۰۰۰؛ اهدایی و همکاران، ۲۰۰۸؛ جودی و همکاران، ۲۰۱۲) ولی اهمیّت این مکانیسم تحت تنش شوری در ارقام متحمل و حساس به شوری به‌خوبی روشن نیست. بنابراین در این آزمایش دو رقم حساس و متحمل به شوری همراه با دو ژنوتیپ متفاوت از نظر انتقال مجدد به‌عنوان شاهد، تحت شوری از مرحله گرده‌افشانی بررسی و صفات مرتبط با انتقال مجدد در آن‌ها مطالعه شد.

مواد و روش‌ها

کشت گیاه و اعمال تنش: به‌منظور بررسی انتقال مجدد ذخایر ساقه گندم در تنش شوری، دو رقم گندم نان شامل قدس و بم به‌ترتیب حساس و متحمل به شوری همراه با دو ژنوتیپ No14 و No49 (در ادامه متن به اختصار ۱٤ و ٤۹) به‌عنوان ژنوتیپ‌های شاهد که وضعیت انتقال مجدد آن‌ها تحت تنش خشکی انتهای فصل بررسی شده (محمدی بازرگان، ۲۰۱۰) و به‌ترتیب متحمل و نیمه متحمل به

۱- پدانکل

۲- پنالتیمیت

شوری بوده و ارقام بومی[1] جنوب غرب و شرق ایران می‌باشند (اهدایی و همکاران، a ۲۰۰٦) در گلخانه تحقیقاتی پژوهشکده بیوتکنولوژی کشاورزی ایران در کرج کشت شدند. این آزمایش به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی در گلدان‌هایی با قطر ۲۵ سانتی‌متر حاوی ۳ کیلوگرم خاک با بافت لوم سیلت شنی انجام شد. تنش شوری با انحلال کلریدسدیم در آب‌آبیاری با هدایت الکتریکی ۱۵ دسی‌زیمنس بر متر از مرحله گرده‌افشانی اعمال شد. شوری خاک از طریق اندازه‌گیری شوری آب زهکش گلدان با استفاده از دستگاه EC متر قابل حمل کنترل گردید. شوری خاک در مرحله رسیدگی برداشت ١٦ دسی‌زیمنس بر متر اندازه‌گیری شد.

نمونه‌برداری برای آزمایش‌های فیزیولوژیکی: نمونه‌برداری برای بررسی تغییرات وزن خشک ساقه اصلی، به تفکیک پدانکل، پنالتیمیت و میانگره‌های پایینی از مرحله گلدهی به‌فاصله هفت روز طی ۵ مرحله (هر تکرار شامل ٤ بوته) صورت گرفت. شروع مرحله گلدهی در رقم بم نسبت به سایر ژنوتیپ‌ها سه روز دیرتر اتفاق افتاد.

اندازه‌گیری‌های زراعی و فیزیولوژیکی: وزن و تعداد دانه در سنبله در مرحله رسیدگی فیزیولوژیک اندازه‌گیری شد. عملکرد دانه با محتوای رطوبتی ۱۳ درصد بر حسب گرم در بوته محاسبه گردید. میزان سدیم و پتاسیم با دستگاه فلیم فوتومتر (Sherwood, model 410, UK) ٤ هفته پس از اعمال تنش در برگ پرچم تعیین شد (مونز و همکاران، ۲۰۱۰). دوام سطح برگ[2] پس از محاسبه شاخص سطح برگ طی پنج مرحله از شروع گلدهی از رابطه زیر محاسبه گردید (دوندرا و همکاران، ۱۹۸۳):

میانگین شاخص سطح برگ × تعداد روز از گرده‌افشانی تا زرد شدن نیمی از برگ‌های پرچم= دوام سطح برگ

اندازه‌گیری انتقال مجدد: این صفت از تفاضل بین حداکثر و حداقل وزن خشک ساقه به تفکیک میانگره‌ها پس از گلدهی محاسبه شد. چگالی وزنی[3] از تقسیم وزن ساقه به طول آن محاسبه و بر مبنای آن نیز انتقال مجدد محاسبه شد. کارایی انتقال از نسبت انتقال مجدد به حداکثر چگالی وزنی به‌دست آمد. سهم انتقال مجدد در عملکرد بر اساس نسبت انتقال مجدد به عملکرد دانه به‌صورت

1- Landrace
2- Leaf area duration
3- Weight density

درصد محاسبه شد. شاخص برداشت[1] براساس نسبت عملکرد اقتصادی (وزن دانه) به عملکرد بیولوژیک (وزن کل گیاه) محاسبه شد (شارما و اسمیت، ۱۹۸٦).

اندازه‌گیری کربوهیدرات کل: قند محلول کل با استفاده از فنل- اسیدسولفوریک به روش اسپکتروفومتری در طول موج ٤٨٥ نانومتر (دابیوس و همکاران، ۱۹۹۰) اندازه‌گیری شد. مقدار انتقال مجدد قند محلول کل از تفاضل حداقل و حداکثر مقدار اندازه‌گیری شده طی دوره پر شدن دانه به‌دست آمد.

تجزیه آماری داده‌ها: تجزیه و تحلیل داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار SAS و با استفاده از رویه GLM و مقایسه میانگین‌ها با استفاده از آزمون حداقل اختلافات معنی‌دار (LSD) در سطح ۰/۰۵ صورت گرفت.

نتایج و بحث

تأثیر شوری انتهای فصل بر صفات مورفولوژیکی و فیزیولوژیکی: نتایج تجزیه واریانس نشان داد ژنوتیپ‌های مورد بررسی از نظر صفات فیزیولوژیکی مورد مطالعه متفاوت بودند. اثر شوری بر دوام سطح برگ، مقدار پتاسیم، نسبت سدیم به پتاسیم و شاخص برداشت معنی‌دار بود. معنی‌دار بودن اثرات متقابل بیانگر این بود که ژنوتیپ‌های مورد بررسی طی تنش شوری از نظر وزن دانه، عملکرد، شاخص برداشت، محتوای سدیم و پتاسیم و نسبت آن‌ها به‌طور متفاوتی پاسخ دادند (جدول ۱).

بر اساس نتایج مقایسه میانگین، ژنوتیپ‌های بم و ٤٩ تحت تنش شوری بیشترین دوام سطح برگ را داشتند (جدول ۲). در تنش شوری انتهای فصل، ژنوتیپ‌ها در مقایسه با شاهد اختلاف معنی‌داری از نظر طول ساقه و میانگره‌ها نداشتند؛ ولی اختلاف بین ژنوتیپ‌ها معنی‌دار بود (جدول ۱). کوتاه‌ترین ساقه مربوط به بم و بلندترین مربوط به NO٤٩ بود (جدول ۲). ژنوتیپ‌ها از نظر طول میانگره نیز با یکدیگر تفاوت داشتند. بلندترین طول میانگره در هر چهار ژنوتیپ مربوط به پدانکل بود. با توجه به اینکه رشد طولی ساقه گندم از شروع پر شدن محدود به پدانکل شده و یا کاملاً متوقف می‌شود (اهدایی و همکاران a، ۲۰۰٦) لذا در این تحقیق اعمال تنش در مرحله انتهایی دوره رشد گیاه تأثیر معنی‌داری بر طول ساقه نگذاشت.

1- Harvest index

جدول ۱- تجزیه واریانس صفات فیزیولوژیکی ژنوتیپ‌های مورد مطالعه گندم در شرایط تنش شوری.

منابع تغییرات	درجه آزادی	مجموع مربعات										
		وزن دانه	تعداد دانه	عملکرد	شاخص برداشت	محتوای سدیم	محتوای پتاسیم	نسبت سدیم به پتاسیم	دوام سطح برگ	طول پدانکل	طول پانالتیمیت	طول میانگره‌های پایینی	طول ساقه
ژنوتیپ	۳	۱۷۵/۰۰*	۳۵۹/۰۰**	۰/۱۸**	۳۶۱/۰۰**	۶٤/۹۰**	۱۰۹۲/۰۰**	۰/۰۳**	۳۱۱٤/۰۰**	٤۲۸/۰۰**	۲۰۱/۰۰**	۷۱۸/۰۰**	۳۱۳۰/۰۰**
تنش شوری	۱	۵/۲۰ns	۹/٤۰ns	۰/۰۰ns	۷۸/۰۰**	۸/۲۰ns	۱٤۵۷/۰۰**	۰/۰٤**	۱۸٤/۰۰**	۲/۱۰ns	۰/٦۰ns	۷/٦۰ns	۷/۵۰ns
شوری×ژنوتیپ	۳	۱۸۵/۰۰*	۲/۵۰ns	۰/۰۸**	۲۱۲/۰۰**	۹/۵۰*	۷۱۷/۰۰**	۰/۰۲**	۰/۲۰ns	۳/۸۰ns	۲/۱۰ns	۳/٦۰ns	۲۹/۰۰ns
خطا	۱٦	۲۲۳/۰۰	۸۰/۰۰	۰/۰۵	۱۱۱/۰۰	۱٤/٤۰	۲۷۳/۰۰	۰/۰۲	۲٦۲/۰۰	٤٦/۰۰	۱۸/۰۰	۱۸/۰۰	۱۰۹/۰۰

* سطح احتمال ۰/۰۵، ** سطح احتمال ۰/۰۱، ns غیر معنی‌دار

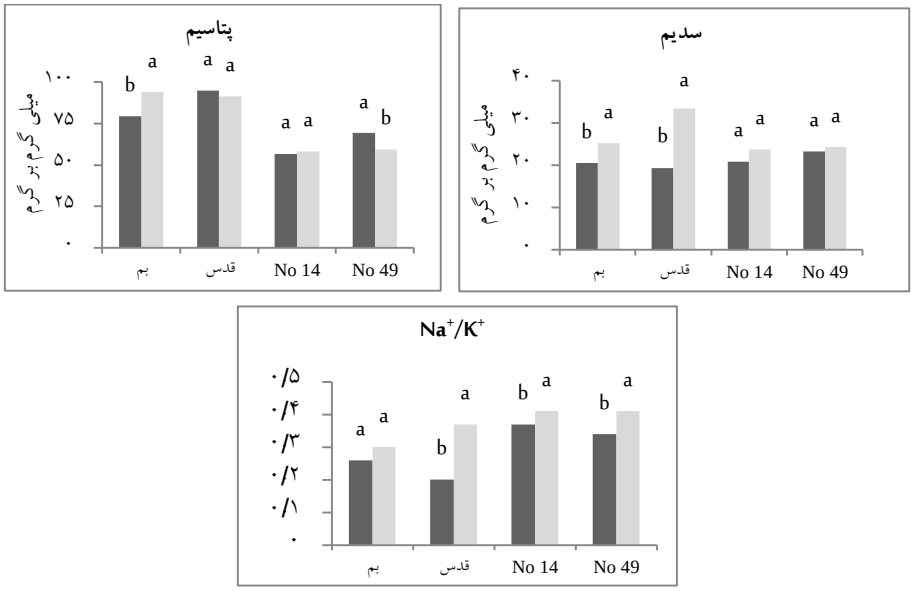
جدول ۲- مقایسه میانگین وزن هزار دانه (گرم)، دوام سطح برگ (روز)، حداکثر طول پدانکل، پنالتیمیت، میانگره‌های پایینی و ساقه (سانتی‌متر) و حداکثر چگالی وزنی ساقه (میلی‌گرم بر سانتی‌متر) در ژنوتیپ‌های مورد بررسی در شرایط تنش شوری.

ژنوتیپ	وزن دانه	دوام سطح برگ	طول پدانکل	طول پنالتیمیت	طول میانگره‌های پایینی	طول ساقه	چگالی وزنی ساقه
بم	۳٦/۰^{a}	٤۸/۵^{b}	۱۹/۵^{b}	۱۳/۵^{b}	۱۳/۷^{c}	٤٦/۷^{c}	۱۵/۲^{a}
قدس	۲۳/۰^{c}	۳٤/۵^{c}	۲۵/۸^{a}	۱۳/۷^{b}	۱۷/۱^{b}	۵٦/٦^{b}	۱۱/۵^{bc}
No۱٤	۲۵/۰^{c}	۳۳/۲^{c}	۲٤/۷^{a}	۱٤/۷^{b}	۲۱/۱^{a}	٦۰/۵^{b}	۱۱/٤^{c}
No٤۹	۳۰/۰^{b}	۵٦/۲^{a}	۲٦/۹^{a}	۱۸/۲^{a}	۲۳/۷^{a}	٦۸/۸^{a}	۱۲/۸^{b}

مقایسه در سطح ۰/۰۵ بین ژنوتیپ‌ها انجام شده است. در هر ستون حروف یکسان نشان دهنده غیر معنی‌داری تفاوت هستند.

تنش شوری انتهای فصل باعث کاهش معنی‌دار محتوای پتاسیم در ژنوتیپ NO٤۹ و افزایش آن در رقم بم گردید. مقدار پتاسیم در ژنوتیپ‌های قدس و NO۱٤ نیز در حد تیمار شاهد بود. افزایش معنی‌دار سدیم در ارقام بم و قدس مشاهده شد ولی ژنوتیپ‌های NO۱٤ و NO٤۹ مقدار سدیم را ثابت نگهداشتند (شکل ۱). این نتایج نشان داد ژنوتیپ‌های مختلف در مواجهه با هجوم یون‌های سدیم در انتهای دوره رشد خود استراتژی‌های متفاوتی دارند. بم همزمان با جذب سدیم اجازه ورود به پتاسیم را نیز داد و نسبت سدیم به پتاسیم را ثابت نگهداشت در صورتی‌که NO٤۹ با ممانعت از ورود سدیم جذب پتاسیم را بیشتر کاهش داد؛ لذا نسبت سدیم به پتاسیم آن به‌طور معنی‌داری افزایش یافت. در رقم قدس جذب سدیم افزایش یافت درصورتی‌که محتوای پتاسیم تغییری نکرد و تجمع سدیم منجربه افزایش نسبت سدیم به پتاسیم شد.

اثر شوری بر عملکرد دانه و شاخص برداشت: نتایج تجزیه واریانس نشان داد پاسخ ژنوتیپ‌های مختلف به شرایط تنش برای تولید عملکرد متفاوت بود و با توجه به عدم اختلاف معنی‌دار ژنوتیپ‌ها در تعداد دانه، عملکرد نهایی تحت تأثیر وزن دانه قرار گرفت (جدول ۱). تحت تنش شوری رقم بم و قدس به‌ترتیب بالاترین و پایین‌ترین وزن هزار دانه را به خود اختصاص دادند (جدول ۲). با توجه به اینکه در گندم عملکرد معمولاً مخزن محدود است و تعداد دانه عامل محدود کننده می‌باشد (بوراس، ۲۰۰٤) وقتی تعداد دانه تحت تأثیر تنش قرار نگیرد ژنوتیپ‌هایی که وزن دانه خود را حفظ می‌کنند برتری خواهند داشت (ترتوان، ۲۰۰۸).

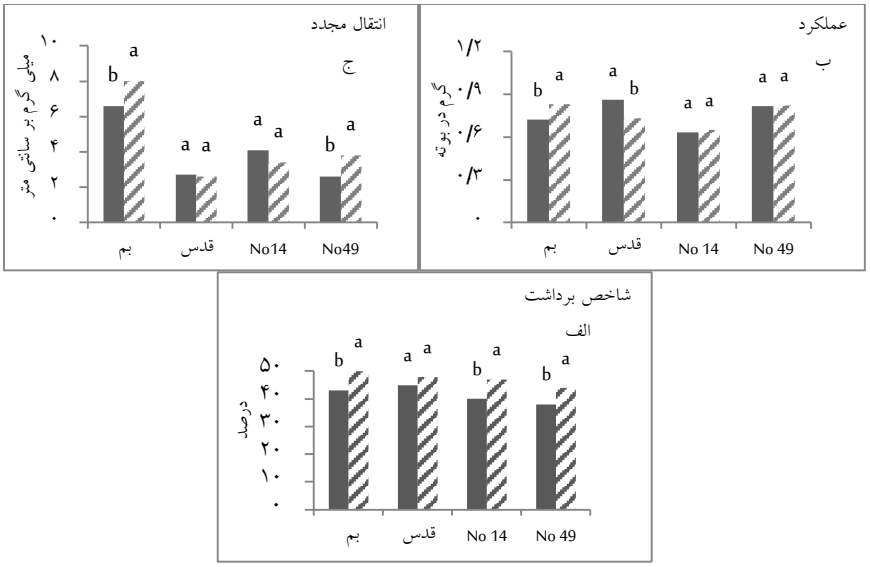


شکل ۱- مقایسه سدیم، پتاسیم و نسبت سدیم به پتاسیم برای هر ژنوتیپ در سطوح شاهد (ستون ساده) و شوری (ستون هاشوردار).

مقایسه شاخص برداشت بین تیمارهای شاهد و شوری نشان داد تنش شوری باعث افزایش این شاخص در ژنوتیپ‌های بم، ١٤ و ٤٩ (شکل ٢- الف) شد. این نتیجه بیانگر این است که در این ژنوتیپ‌ها پتانسیل بالایی برای انتقال و تبدیل عملکرد بیولوژیکی به عملکرد اقتصادی وجود دارد. ساقه کوتاه‌تر بم می‌تواند با تأثیر بر میزان عملکرد بیولوژیک در شاخص برداشت مؤثر باشد. مقدار شاخص برداشت از ٢٢ درصد در گندم‌های قدیمی پابلند تا ٤٠ درصد در ارقام جدید و پاکوتاه متفاوت بود (دویتا، ٢٠٠٧).

بررسی تغییرات وزن ساقه به تفکیک میانگره‌ها: تنش شوری انتهای فصل تأثیر معنی‌داری بر متوسط وزن ساقه و میانگره‌ها نداشت، ولی ژنوتیپ‌ها با یکدیگر تفاوت معنی‌دار داشتند (جدول ٣). در بررسی اثر تنش خشکی انتهای فصل بر ژنوتیپ‌های NO١٤ و NO٤٩، وزن پنالتیمیت و میانگره‌های پایینی تحت تأثیر تنش قرار نگرفت؛ ولی وزن پدانکل به‌ترتیب ٣/٥ و ٦/٥ درصد کاهش یافت (محمدی بازرگان و همکاران، ٢٠١٠). در تیمار خشکی، گیاه با قطع آبیاری مواجه می‌شود؛ ولی در

تیمار شوری انتهای فصل، آب موردنیاز با اسمولیته بالا در دسترس گیاه قرار دارد بنابراین قبل از بروز آثار شوری بر حداکثر وزن ساقه، گیاه وارد مرحله نهایی رشد و نمو خود می‌شود.



شکل ۲- مقایسه الف) شاخص برداشت، ب) عملکرد و ج) انتقال مجدد برای هر ژنوتیپ در سطوح شاهد (ستون ساده) و شوری (ستون هاشوردار).

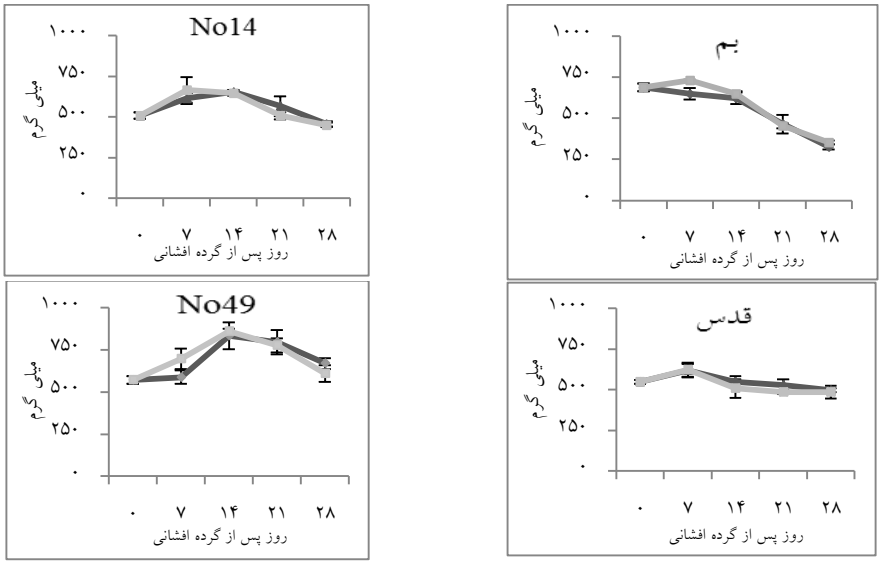
جدول ۳- تجزیه واریانس حداکثر وزن و انتقال مجدد بر مبنای وزن ساقه به تفکیک میانگره‌ها.

منابع تغییرات	درجه آزادی	مجموع مربعات							
		انتقال مجدد ساقه	انتقال مجدد سایر میانگره‌ها	انتقال مجدد پنالتیمت	انتقال مجدد پدانکل	وزن ساقه	وزن سایر میانگره‌ها	وزن پنالتیمت	وزن پدانکل
ژنوتیپ	۳	۱٤٥۰۱٥**	۱٦۲٥۲**	۱۲۱۹۸**	۲۱٤۰٥**	۱۸۲۸۷۰**	٦۸۳۲٦**	۱٥٤٤۷**	۸٤۹۱**
تنش شوری	۱	۲۳٦۸^{ns}	۱٤۰۳^{ns}	۸۸٥*	۲۳۱^{ns}	۳۸۹٦^{ns}	٤۰۹^{ns}	۹٥۳^{ns}	۱۳۹^{ns}
شوری×ژنوتیپ	۳	۱٥٦٦۷**	۲۹۱٤^{ns}	٥۱۹^{ns}	۱۸٥۳**	٦٤۱۳^{ns}	۱۷۷۰^{ns}	۱٥۰۱^{ns}	۱۷۳۱^{ns}
خطا	۱٦	۱٥٦۱۸	۸۸٦۸	۲۳۹٤	۱٤۰۰	۲٥۱۱۳	۹۳٦۲	٥۱۰۱	٦۷٦۲

* سطح احتمال ۰/۰٥، ** سطح احتمال ۰/۰۱، ns غیر معنی‌دار

با توجه به دوام سطح برگ و تداوم فتوسنتز جاری تا اواسط دوره پر شدن دانه، افزایش وزن ساقه تا هفته دوم پس از گلدهی ادامه یافت. به‌طورکلی حداکثر وزن ساقه و میانگره‌ها در هر دو تیمار شاهد

و شوری، برای ژنوتیپ‌های بم و قدس در هفته اول پس از گرده‌افشانی و برای ژنوتیپ‌های NO۱٤ و NO٤۹ در هفته دوم به‌دست آمد (شکل ۳). نتایج تحقیق محمدی بازرگان و همکاران (۲۰۱۰) روی ژنوتیپ‌های NO۱٤ و NO٤۹ نیز نشان داد وزن ساقه در تیمارهای شاهد و تنش خشکی انتهای فصل در زمان مشابهی به حداکثر رسید.



شکل ۳- تغییرات وزن ساقه طی پر شدن دانه در ژنوتیپ‌های گندم تحت شرایط شاهد (خط تیره) و شوری (خط روشن).

بررسی روند تغییرات چگالی وزنی ساقه به تفکیک میانگره‌ها: به‌دلیل تفاوت معنی‌دار ژنوتیپ‌ها از نظر طول ساقه، برای مقایسه تغییرات ماده خشک ساقه طی دوره پر شدن دانه‌ها از چگالی وزنی استفاده گردید. نتایج تجزیه واریانس نشان داد اثر ژنوتیپ بر چگالی وزنی ساقه و میانگره‌ها معنی‌دار بود؛ ولی اثر شوری و اثر متقابل ژنوتیپ × شوری بر این صفات معنی‌دار نشد (جدول ٤). بر اساس نتایج مقایسه میانگین، رقم بم به‌دلیل بالاتر بودن وزن ساقه و کوتاه‌تر بودن آن بالاترین چگالی وزنی را داشت (جدول ۵). روند تغییرات چگالی وزنی در حالت نرمال و شوری برای هر ژنوتیپ مشابه تغییرات وزن ساقه بود. با توجه به روند تغییرات چگالی وزنی (شکل ٤) تحت تیمار شوری، بالاترین چگالی وزنی در طول دوره پر شدن و پایین‌ترین چگالی وزنی در پایان این دوره مربوط به رقم بم بود. در تحقیق اهدایی خشکی انتهای فصل چگالی وزنی ساقه را به‌میزان ۱٦ درصد کاهش داد

(اهدایی و همکاران، a ۲۰۰٦)؛ ولی عدم اختلاف معنی‌دار بین تیمار شاهد با شوری نشان داد اثرات زیانبار شوری انتهای فصل بر روی نمو گیاه کمتر از خشکی است.

جدول ٤- تجزیه واریانس حداکثر چگالی وزنی و انتقال مجدد مبتنی‌بر چگالی وزنی ساقه به تفکیک میانگره‌ها.

منابع تغییرات	مجموع مربعات							
	درجه آزادی	انتقال مجدد ساقه	انتقال مجدد سایرمیانگره	انتقال مجدد پنالتیمت	انتقال مجدد پدانکل	چگالی وزنی ساقه	چگالی وزنی سایرمیانگره‌ها	چگالی وزنی پنالتیمت	چگالی وزنی پدانکل
ژنوتیپ	۳	۸۰/۸۰***	٦۰/۸۰***	۱٤۰/۰۰***	۸۳/۰۰***	۵۳/۰۰***	۷٤/۰۰***	۵/۳۹**	۷۸/۰۰***
تنش شوری	۱	۰/۰۱^{ns}	۰/۲٤^{ns}	۰/۷۰^{ns}	٤/۰۰*	۰/۹۰^{ns}	۰/۲۰^{ns}	۷/٦۰^{ns}	۰/۰۰٤^{ns}
شوری×ژنوتیپ	۳	۳٦/٦۰*	٤/٦۰^{ns}	۰/٤۰^{ns}	۸/۰۰**	۱/۱۰^{ns}	۳/۰۰^{ns}	٦/٦۰^{ns}	۰/۷۰^{ns}
خطا	۱٦	٦۵/٦۰	۲۵/۰۰	٦/۸۰	۷/۷۰	۷/۳۰	۲۵/۰۰	۱/۲۹	۷/۸۰

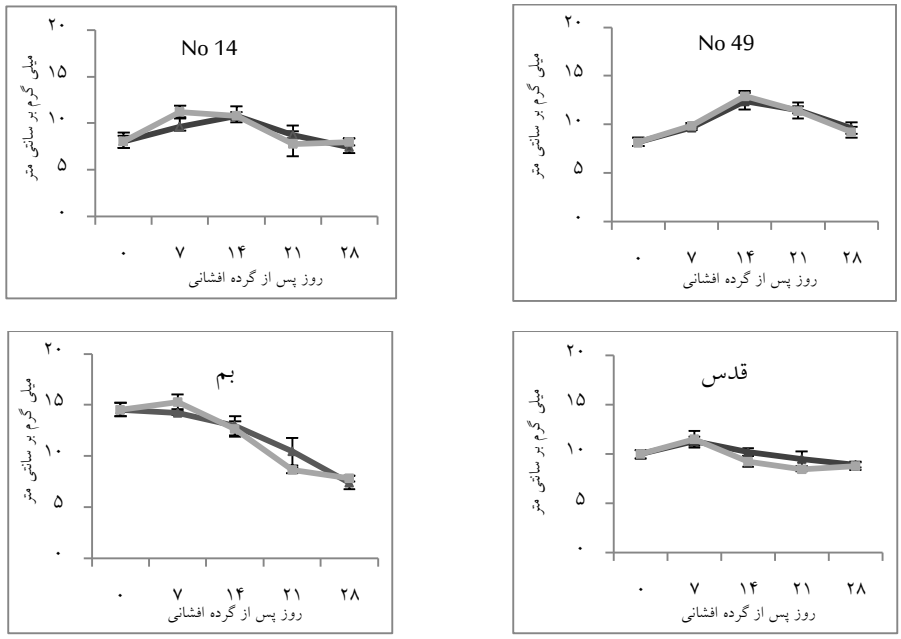
* سطح احتمال ۰/۰۵، ** سطح احتمال ۰/۰۱، ns غیر معنی‌دار

جدول ۵- مقایسه میانگین انتقال مجدد بر مبنای وزن (میلی‌گرم) و چگالی وزنی برای ساقه و میانگره‌ها (میلی‌گرم بر سانتی‌متر) تحت تنش شوری.

ژنوتیپ	وزن				چگالی وزنی			
	پدانکل	پنالتیمت	میانگره‌های پایینی	ساقه	پدانکل	پنالتیمت	میانگره‌های‌پایینی	ساقه
بم	۱۳۷/۱^{a}	۱۲۷/۲^{a}	۱۱۰/٤^{a}	۳۷٤/۷^{a}	٦/۵^{a}	۹/۵^{a}	۸/۰^{a}	۸/۰^{a}
قدس	۳٦/۸^{d}	۵٤/۸^{c}	٤۵/۲^{c}	۱۳٦/۸^{d}	۱/۱^{c}	٤/۱^{b}	۲/۸^{c}	۲/۷^{c}
No۱٤	۵۱/٦^{c}	٦۲/۵^{c}	۷٦/۳^{b}	۱۹۰/٤^{c}	۲/۰^{b}	۳/۹^{b}	٤/۲^{b}	۳/٤^{b}
No٤۹	٦۵/٦^{b}	۷۸/٤^{b}	۱۰٦/٤^{a}	۲۵۰/٤^{b}	۱/۷^{bc}	٤/۱^{b}	۵/۵^{b}	۳/۸^{b}

مقایسه در سطح ۰/۰۵ انجام شده است. در هر ستون حروف یکسان نشان‌دهنده غیر معنی‌داری تفاوت هستند.

انتقال مجدد بر مبنای وزن و چگالی وزنی: نتایج تجزیه واریانس نشان داد ژنوتیپ‌های مختلف از نظر انتقال مجدد بر مبنای وزن یا چگالی وزنی با یکدیگر اختلاف معنی‌دار داشتند و در استفاده از ذخایر ساقه متفاوت از یکدیگر عمل کردند (جدول‌های ۳ و ٤). طبق نتایج مقایسه میانگین تحت تنش شوری بالاترین میزان انتقال مجدد ساقه و میانگره‌ها مربوط به بم و پایین‌ترین مقدار مربوط به قدس بود (جدول ۵).



شکل ٤- تغییر چگالی وزنی ساقه طی پر شدن دانه در چهار ژنوتیپ گندم در شرایط شاهد (خط تیره) و شوری (خط روشن).

در ژنوتیپ‌های قدس و NO١٤ بین سطوح شاهد و شوری اختلاف معنی‌داری در مقدار انتقال مجدد مشاهده نشد؛ ولی انتقال مجدد طی شوری در ژنوتیپ‌های NO٤٩ و بم به میزان ١٠ و ٤٥ درصد افزایش یافت (شکل ٢- ج). بالا بودن انتقال مجدد بم در تیمار شاهد ناشی از این است که در شرایط مناسب برای رشد نیز محصولات فتوسنتز جاری برای پر شدن دانه کافی نبوده و انتقال مجدد برای گیاه ضروری است. تنش شوری با القای این مکانیزم باعث افزایش انتقال ذخایر ساقه شده است.

در تیمار شوری بالاترین کاهش چگالی وزنی ساقه طی پر شدن دانه‌ها (انتقال مجدد ذخایر ساقه) در بم و قدس مربوط به پنالتیمیت و در ژنوتیپ‌های NO١٤ و NO٤٩ مربوط به میانگره پایینی بود (جدول ٥). بر اساس نتایج اهدایی و همکاران (a ٢٠٠٦) بیشترین میزان ماده خشک انتقال یافته از ساقه طی تنش خشکی آخر فصل به‌طور میانگین به‌ترتیب از میانگره‌های پایینی، پنالتیمیت و پدانکل صورت گرفت ولی ارقام مختلف از نظر تغییرات وزن و چگالی وزنی در میانگره‌های مختلف متفاوت بودند (اهدایی و همکاران، a٢٠٠٦). در رابطه با ذخیره‌سازی کربوهیدرات در میانگره‌های گندم گزارشات متفاوتی وجود دارد. واردلاو و ویلنبرینگ (١٩٩٤) بیشترین ذخایر ساقه گندم را در پدانکل

و پنالتیمیت گزارش کردند. بر اساس نتایج جودی (۲۰۱۰) بیشترین انتقال مجدد مربوط به میانگره‌های پایینی و بر اساس نتایج کروزاگادا (۲۰۰۰) و اسکوفیلد و همکاران (۲۰۰۹) بیشترین انتقال مربوط به پنالتیمیت گندم بود. تفاوت در شرایط رشد گیاه و تنوع ژنتیکی، از مهم‌ترین عوامل مؤثر بر تنوع انتقال مجدد در ارقام مختلف عنوان شده است (بلام، ۱۹۹۸).

در مقایسه عملکرد ژنوتیپ‌ها بین تیمارهای شاهد و شوری (شکل ۲–ب)، عملکرد ژنوتیپ‌های NO۱٤ و NO٤۹ تفاوت معنی‌داری پیدا نکرد در صورتی‌که طی شوری عملکرد قدس به‌میزان ۱۵ درصد کاهش و عملکرد بم به‌میزان ۱۵ درصد افزایش یافت. افزایش عملکرد مشاهده شده طی تنش در بم (شکل ۲–ب) ناشی از پایین بودن شدت تنش و تداوم فتوسنتز جاری و در ضمن القای انتقال مجدد ذخایر ساقه تحت تأثیر تنش شوری بود. القای انتقال مجدد در این شرایط به‌عنوان منبع جدیدی برای دانه‌های در حال پر شدن باعث افزایش وزن آن‌ها نسبت به شاهد گردید. اعمال تنش و تحریک پیری در گیاه منجربه افزایش انتقال مواد ذخیره‌ای ساقه به دانه می‌شود (یانگ و ژانگ، ۲۰۰٦). در قدس به‌دلیل عدم القای انتقال مجدد طی شوری و عدم جبران محدودیت اعمال شده بر فتوسنتز، عملکرد طی شوری کاهش یافت (شکل ۲–ج). بر اساس نتایج به‌دست آمده در این بررسی بین عملکرد دانه در تنش شوری با انتقال مجدد بر مبنای چگالی وزنی ساقه، پدانکل و پنالتیمیت همبستگی مثبت و معنی‌داری مشاهده شد که بالاترین مقدار آن مربوط به انتقال مجدد پنالتیمیت بود (جدول ٦).

جدول ٦- همبستگی عملکرد و انتقال مجدد قند محلول کل با انتقال مجدد بر مبنای وزن و چگالی وزنی از ساقه و میانگره‌ها تحت تنش شوری.

	چگالی وزنی ساقه	وزن ساقه	چگالی وزنی میانگره‌های‌پایینی	وزن‌میانگره‌های پایینی	چگال وزنی پنالتیمیت	وزن پنالتیمیت	چگالی وزنی پدانکل	وزن پدانکل
عملکرد	۰/۵٤*	۰/۳۲ns	۰/٤٤ns	۰/۲٦ns	۰/۵۷*	۰/٤۰ns	۰/۵۵*	۰/۵٤*
قند محلول کل	۰/۳۹**	۰/۵۱**	۰/۳٦**	۰/٤٦**	۰/٤۸**	۰/٤۹**	۰/۲٤ns	۰/٤٦**

*سطح احتمال ۰/۰۵، **سطح احتمال ۰/۰۱، ns غیر معنی‌دار

حساسیت به شوری در گندم پس از تمایز سنبلچه انتهایی کاهش می‌یابد و استفاده از آب شور پس از این مرحله در تعداد دانه کاهشی ایجاد نمی‌کند (فرانکوییس، ۱۹۹٤). در این شرایط عدم تغییر

در اندازه مخزن با کاهش فتوسنتز برگ همراه شده و در نتیجه محدویت منبع را به‌دنبال دارد. بنابراین پتانسیل بالاتر در استفاده از ذخایر ساقه طی تنش توانمندی گیاه در استفاده از یک منبع ثانویه را جهت پر کردن دانه‌ها نشان می‌دهد. بر اساس نتایج جودی و همکاران، (۲۰۱۲) در تنش خشکی انتهای فصل بین عملکرد و انتقال مجدد ذخایر ساقه همبستگی مثبت وجود داشت.

تجزیه واریانس کارایی انتقال مجدد و سهم عملکرد از انتقال مجدد در ژنوتیپ‌های مورد بررسی: با توجه به این که بالاتر بودن مقدار انتقال مجدد به تنهایی بیانگر کارآمد بودن گیاه در انتقال ذخایر آن نیست، راندمان انتقال مجدد برای مقایسه ژنوتیپ‌ها محاسبه شد. نتایج تجزیه واریانس نشان داد ژنوتیپ‌های مورد بررسی از نظر کارایی انتقال و سهم انتقال مجدد در عملکرد تفاوت معنی‌دار داشتند و این صفات در ژنوتیپ‌های مختلف به‌طور متفاوتی تحت تأثیر شوری قرار گرفت (جدول ۷).

جدول ۷- تجزیه واریانس کارایی انتقال مجدد از ساقه و میانگره‌ها، سهم انتقال مجدد در عملکرد، حداکثر محتوای قند محلول، انتقال مجدد قند محلول و کارایی آن.

منابع تغییرات	مجموع مربعات								
	درجه آزادی	کارایی انتقال از ساقه	کارایی انتقال از میانگره‌های	کارایی انتقال از پنالتیمت	کارایی انتقال از پدانکل	سهم انتقال در عملکرد	محتوای قند محلول	انتقال قند	کارایی انتقال قند
ژنوتیپ	۳	۰/۲۵**	۰/۱۵**	۰/۳٤**	۰/۳۷**	۲۷۰۷/۰۰**	۳۱۰۲۱/۰۰**	۲۱۸٤۷/۰۰**	۰/۰۵۸**
تنش شوری	۱	۰/۰۰^{ns}	۰/۰۰^{ns}	۰/۰۰٤^{ns}	۰/۰۳**	٤۰/۸۰^{ns}	٦۷/۰۰^{ns}	۳۷۸/۰۰*	۰/۰۰۸*
شوری×ژنوتیپ	۳	۰/۰۳*	۰/۰۲^{ns}	۰/۰۳۱**	۰/۰۵*	۱۹۸/۸۰*	۷۱۱/۰۰*	۳۲۰۱/۰۰**	۰/۰۲۵**
خطا	۱٦	۰/۰٤	۰/۰۸	۰/۰۲۷	۰/۰۵	۲۹٤/۰۰	۸۵۳/۰۰	۸۵۰/۰۰	۰/۰۰۷

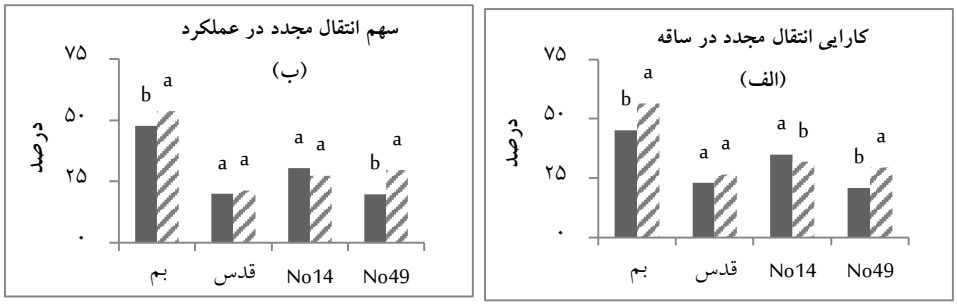
*سطح احتمال ۰/۰۵، **سطح احتمال ۰/۰۱، ns غیر معنی‌دار

در تیمار شاهد و شوری بیشترین کارایی انتقال از ساقه مربوط به بم و پایین‌ترین کارایی مربوط به قدس بود (جدول ۸). در تیمار شوری کارایی انتقال در بم و NO٤۹ نسبت به شاهد افزایش ولی در ژنوتیپ NO۱٤ به‌طور معنی‌داری کاهش یافت (شکل ۵- الف). در خشکی انتهای فصل نیز کارایی انتقال در ژنوتیپ ٤۹ به‌طور معنی‌داری بیشتر از ۱٤ بود (محمدی بازرگان، ۲۰۱۰).

جدول ۸- مقایسه میانگین کارایی انتقال مجدد (درصد) بر مبنای چگالی وزنی پدانکل، پنالتیمیت، میانگره‌های پایینی و ساقه، سهم انتقال مجدد در عملکرد، انتقال قند کل و کارایی انتقال قند در ژنوتیپ‌های مورد بررسی.

ژنوتیپ	پدانکل		پنالتیمیت		میانگره‌های پایینی		ساقه		سهم انتقال در عملکرد		انتقال قند کل		کارایی انتقال قند	
	شاهد	شوری	شاهد	شوری	شاهد	شوری	شاهد	شوری	شاهد	شوری	شاهد	شوری	شاهد	شوری
بم	۵۱/۴^{a}	۵۳/۹^{a}	۵۷/۴^{a}	۶۳/۰^{a}	۴۳/۶^{a}	۴۶/۸^{a}	۴۵/۲^{a}	۵۶/۵^{a}	۴۷/۷^{a}	۵۳/۱^{a}	۱۹۰/۳^{c}	۲۱۷/۰^{b}	۷۲/۱^{b}	۸۱/۲^{a}
قدس	۱۷/۵^{c}	۱۲/۲^{c}	۲۶/۷^{c}	۳۰/۶^{b}	۲۲/۷^{b}	۲۲/۶^{c}	۲۳/۷^{c}	۲۶/۶^{c}	۲۰/۰^{c}	۲۱/۳^{c}	۱۸۶/۱^{c}	۱۶۳/۲^{d}	۶۱/۰^{c}	۵۴/۵^{c}
No۱۴	۲۹/۳^{b}	۲۴/۱^{b}	۴۴/۷^{b}	۳۳/۷^{b}	۳۸/۸^{a}	۳۲/۸^{b}	۳۵/۹^{b}	۳۱/۸^{b}	۳۳/۶^{b}	۲۷/۴^{b}	۲۰۳/۳^{b}	۲۰۷/۱^{c}	۷۸/۸^{a}	۷۵/۰^{b}
No۴۹	۱۸/۸^{c}	۲۱/۷^{b}	۲۶/۹^{c}	۳۰/۳^{b}	۲۲/۶^{b}	۳۴/۶^{b}	۲۱/۹^{c}	۲۹/۶^{b}	۱۹/۷^{c}	۲۹/۷^{b}	۲۳۱/۸^{a}	۲۵۷/۷^{a}	۷۳/۴^{b}	۷۹/۹^{a}

مقایسه در سطح ۰/۰۵ بین ژنوتیپ‌ها برای هر سطح شوری می‌باشد.



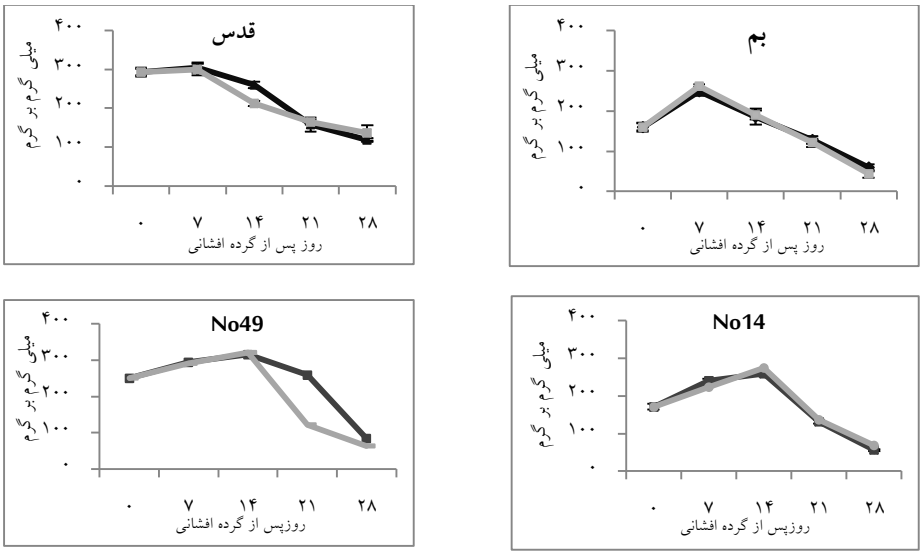
شکل ۵- کارایی انتقال مجدد در ساقه (الف) و سهم انتقال مجدد در عملکرد (ب) برای هر ژنوتیپ در سطوح شاهد (ستون ساده) و شوری (ستون هاشوردار).

در شرایط تنش بالاترین کارایی انتقال در بم و قدس مربوط به میانگره پنالتیمیت و در NO۱۴ و NO۱۴ مربوط به پنالتیمیت و میانگره‌های پایینی بود (جدول ۸). در تیمار خشکی انتهای فصل بیشترین کارایی انتقال در لاین‌های NO۱۴ و NO۴۹ از پدانکل و میانگره‌های پایینی گزارش شد (محمدی بازرگان و همکاران، ۲۰۱۰). با تعیین میانگره‌ای که نقش مهم‌تری در انتقال مجدد ایفا می‌کند می‌توان در هنگام گزینش ژنوتیپ‌های مناسب برای مناطق تحت تأثیر شوری، طول آن میانگره و ظرفیت ذخیره‌سازی آن را به‌طور خاص مورد توجه قرار داد.

سهم انتقال مجدد در عملکرد دانه تحت شرایط تنش در ژنوتیپ‌های بم و NO۴۹ افزایش یافت ولی در قدس و NO۱۴ تغییر معنی‌داری مشاهده نشد (شکل ۵- ب). ژنوتیپ NO۱۴ که نیمه متحمل به شوری است با حفظ توان فتوسنتز از طریق دوام سطح برگ پرچم و ظرفیت بالاتر انتقال مجدد

نسبت به قدس مانع افت عملکرد خود در شوری گردید ولی پایین بودن سهم انتقال در قدس باعث شد تا کاهش تولید مواد فتوسنتزی در اثر تنش با انتقال مجدد قابل جبران نبوده و عملکرد کاهش یافت.

بررسی تغییرات قند محلول ساقه در مرحله پس از گلدهی: نتایج تجزیه واریانس نشان داد ژنوتیپ‌های مورد بررسی از نظر مقدار قند کل، انتقال و کارایی انتقال آن با یکدیگر تفاوت معنی‌دار داشته و در شرایط تنش به‌طور متفاوتی پاسخ دادند. اثر شوری بر حداکثر میزان قند کل، انتقال مجدد آن و کارایی انتقال معنی‌دار بود (جدول ۷). مطالعه روند تغییرات قند محلول نشان داد حداکثر مقدار آن در بم و قدس طی هفته اول و در ژنوتیپ‌های NO۱٤ و NO٤۹ در هفته دوم پس از گلدهی به‌دست آمد و سپس روند تغییرات سیر نزولی داشت (شکل ٦).



شکل ٦- روند تغییرات قند محلول کل (میلی‌گرم بر گرم وزن خشک) در تیمارهای شاهد (خط تیره) و شوری (خط روشن).

مقایسه میانگین انتقال قند محلول کل: براساس نتایج مقایسه میانگین بالاترین انتقال قند محلول در هر دو تیمار شاهد و شوری در ژنوتیپ NO٤۹ به‌دست آمد (جدول ۸). بیشترین کارایی انتقال قند در شاهد مربوط به ژنوتیپ NO۱٤ و در شوری به‌ترتیب مربوط به ژنوتیپ‌های بم و NO٤۹ بود. ژنوتیپ‌های بم و NO٤۹ توانمندی بالایی در استفاده از ذخایر قندی ساقه تحت تنش داشتند ولی

قدس با وجود تولید بالای قند، کارایی لازم را برای انتقال این ذخایر نداشت و با افت عملکرد مواجه شد. انتقال مجدد قند کل ساقه در طول دوره پر شدن دانه‌ها طی تنش شوری با انتقال مجدد بر مبنای وزن و چگالی وزنی ساقه، پنالتیمیت و میانگره‌های پایینی در این دوره همبستگی مثبت و معنی‌دار داشت (جدول ٦).

نتایج این مطالعه نشان داد تحت تنش شوری انتهای فصل القای مکانیزم انتقال مجدد قندهای محلول و افزایش سهم انتقال مجدد در تولید عملکرد دانه در ژنوتیپ‌های متحمل همانند خشکی انتهای فصل مانع از افت عملکرد گردید. در صورتی‌که در رقم حساس با وجود جذب بالای سدیم و کاهش دوام سطح برگ و در نتیجه محدودیت فتوسنتز جاری، انتقال مجدد القا نگردید و عدم کارایی لازم در انتقال ذخایر ساقه منجر به افت عملکرد شد. با توجه به این که تنش شوری نسبت به خشکی نیاز به زمان بیشتری برای تأثیرگذاری دارد به‌نظر می‌رسد در شرایطی که تنش شوری از ابتدای فصل اعمال شده و دوره تأثیرگذاری طولانی‌تر باشد نقش راهکار انتقال مجدد در تولید عملکرد آشکارتر خواهد بود.

نتیجه‌گیری کلی

بر اساس نتایج به‌دست آمده می‌توان با اندازه‌گیری تغییرات چگالی وزنی ساقه در طول دوره پر شدن دانه، برآورد مناسبی از انتقال مجدد ذخایر ساقه به‌دست آورد و با گزینش بوته‌های با انتقال مجدد بالا در مزرعه به ذخایر ژنوتیپی مناسبی برای اصلاح عملکرد دانه تحت شرایط تنش دست یافت.

منابع

1.Blum, A. 1998. Improving wheat grain filling under stress by stem reserve mobilisation (Reprinted from Wheat: Prospects for global improvement, Euphytica, 100: 77-83.

2.Borras, L., Slafer, M., and Otegui, E. 2004. Seed dry weight response to source-sink manipulations in wheat, maize and soybean: a quantitative reappraisal. Field Crops Res., 6: 131-146.

3.Cruz-Aguado, J.A., Rodes, R., Perez, I.P., and Dorado, M. 2000. Morphological characteristics and yield components associated with accumulation and loss of dry matter in internodes of wheat. Field Crops Res., 66: 129-139.

4.De Vita, P. 2007. Breeding progress in Morpho-physiological, agronomical and qualitative traits of durum wheat cultivars released in Italy during the 20th century. Eur. J. Agron., 2:39-53.

5.Devendra, R., Veerarajurs, Y.S., Udaya Kumar, M., and Krishnasastry, K.S. 1983. Leaf area duration and its relationship to productivity in early cultivars of rice. Proc. Indian. Nant. Sci. Acad., 49:692-696.
6.Dubois, D., Winzeler, M., and Nösberger, J. 1990. Fructan accumulation and sucrose: sucrose fructosyl transferase activity in stems of spring wheat genotypes. Crop Sci., 30: 315-319.
7.Ehdaie, B., Alloush, G.A., Madore, M.A., and Waines, J.G. 2006a. Genotypic variation for stem reserves and mobilization in wheat: I. postanthesis changes in internode dry matter. Crop Sci., 46:735-746.
8.Ehdaie, B., Alloush, G.A., Madore, M.A., and Waines, J.G. 2006b. Genotypic variation for stem reserves and mobilization in wheat: II. Postanthesis changes in internode water-soluble carbohydrates. Crop Sci., 46: 2093-2103.
9.Ehdaie, B., Alloush, G.A., and Waines, J.G. 2008. Genotypic variation in linear weight of grain growth and contribution of stem reserves to grain yield in wheat. Field crops Res., 106:34-43.
10.Francois, L.E., Donovan, T.J., Mass, E.V., and Lesch, S.M. 1994. Time of salt stress affects growth and yield component of irrigated wheat. Agron., J., 86: 100-107.
11.Hamdy, V., Sardo, K.A., and Ghanem, F. 2005. Saline water in supplemental irrigation of wheat and barley under rainfed Agriculture. Agric. Water Manage., 78: 122-127.
12.Jenks, M.A., Hasegawa, P.M., and Jain, S.M. 2007. Advances in Molecular Breeding Toward Drought and Salt Tolerant Crops. Springer. The Netherlands. 817 p.
13.Joudi, M. 2010. Study on reservation capacity and carbohydrate remobilization in Iranian wheat varieties. Ph.D Thesis. Agronomy and Plant Breeding Department. Tehran University. 142p.
14.Joudi, M., Ahmadi, A., Mohamadi, V., Abbasi, A., Vergauwen, R., Mohammadi, H., and Van den Ende, W. 2012. Comparison of fructan dynamics in two wheat cultivars with different capacities of accumulation and remobilization under drought stress. Physiol. Plant., 144:1–12.
15.Kamkar, B., Kafi, M., and Nassiri Mahallati, M. 2004. Determination of the most sensitive developmental period of wheat (*Triticum aestivum*) to salt stress to optimize saline water utilization. Proceedings of the International Crop Science Congress. 4th International Crop Science Congress.
16.Karim, M.A., Nawata, E., and Shigenaga, S. 1993. Effect of salinity and temperature on yield, mineral ion concentrations and physiology in hexaploid triticale (X Triticosecale Wittmack). Jpn. J. Crop Sci., 62: 419–428.
17.Kiani, A.R., Mirlatifi, S.M., Homaii, M., and Abyar, N.M. 2004. Economic analysis of wheat production under salt and drought condition. Agricultural economy and development. 43 and 44: 163-178.

18.Mashi. A. 2006. The Eefect of Salinity on the Yield and physiological traits of four Hull-less Barley (*Hordeum vulgare*) genotypes. MSc Thesis. Gorgan university of agricultural sciences and natural resources. 99p.
19.Mashi, A., and Galeshi, S. 2006. The Effect of Salinity on the Yield and Protein Percentage of Hull-less Barley (*Hordeum vulgare*). Agricultural sciences and natural resources bulletin of Khazar. 12:11-23.
20.McCullough, D.E., and Hunt, L.A. 1989. Respiration and dry matter accumulation around the time of anthesis in field stands of winter wheat (*Triticum aestivum*). Ann. Bot., 63: 321-329.
21.Mohammadi Bazargani, M. 2010. Proteomics and metabolomics analysis of stem reserves and mobilization in wheat under drought stress. PhD Thesis. Agronomy and Plant Breeding Department. Tehran University. 156p.
22.Munns, R., Walace, P.A., Teakle, N.L., and Colmer, T.D. 2010. Measuring soluble ion concentrations (Na^+, K^+, Cl^-) in salt-treated plants. Methods mol. Biol., 639: 371-382.
23.Scofield, G.N., Ruuska, S.A., Aoki, N., Lewis, D.C., Tabe, L.M., and Jenkins, C.L.D. 2009. Starch storage in the stems of wheat plants: localization and temporal changes. Ann. Bot., 103:859-868.
24.Sharma, R.C., and Smith, E.L. 1986. Selection for high and low harvest index in three winter wheat populations. Crop Sci., 26: 1147-1150.
25.Trethowan, R.M., and Mujeeb-Kazi, A. 2008. Novel germplasm resources for improving environmental stress tolerance of hexaploid wheat. Crop Sci., 48: 1255-1265.
26.Wardlaw, I.F., and Willenbrink, J. 1994. Carbohydrate storage and mobilization by the culm of wheat between heading and grain maturity- the relation to sucrose synthase and Sucrose-Phosphate Synthase. Aust. J. Plant Physiol., 21: 255-271.
27.Yang, J., and Zhang, J. 2006. Grain filling of cereals under soil drying. New Phytol., 169: 223-236.
28.Yang, J., Zhang, J., Zhu, Q., and Wang, L. 2000. Remobilization of carbon reserves is improved by controlled soil-drying during grain filling of wheat. Crop Sci., 40: 1645-1655.

EJCP., Vol. 7 (1): 25-44
http://ejcp.gau.ac.ir

Evaluation of physiological traits related to wheat stem reserve remobilization under terminal salinity

***M. Sharbatkhari[1], S. Galeshi[2], Z. Sadat Shobbar[3], A. Soltani[2] and B. Nakhoda[3]**

[1,2]Ph.D. Student and Professor, Dept. of Agronomy, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Gorgan, Iran, [3]Assistant Professor, Dept. of Molecular Physiology, Agricultural Biotechnology Research Institute of Iran (ABRII), Karaj, Iran,
Accepted: 08/04/2013 ; Received: 01/09/2013

Abstract

Stem reserve remobilization is very important to keep the grain yield in wheat under terminal drought but the importance of this mechanism is unclear under terminal salinity. In this research stem reserve remobilization under terminal salinity were studied in greenhouse on four genotypes (No14 and No49, different in remobilization, and Bam as salt-tolerant and Ghods as salt-sensitive cultivars). Saline water (EC=15 dSm^{-1}) was applied from anthesis. The experiment was conducted using a completely randomized design with factorial arrangement with three replications. Stem sampling was done five times with seven days intervals from anthesis, and stem dry weight, weight density and total water soluble carbohydrates (WSC), remobilization and its efficiency and grain yield were measured. The results showed that the highest grain yield, remobilization and contribution of remobilization in yield production were related to Bam and the most yield loss was related to Ghods. Based on the results, Bam with the highest remobilization efficiency had the most WSC production and remobilization under stress. A significant positive correlation between remobilization and yield production under terminal salinity showed that in spite of application of saline water at anthesis stage and continuation of photosynthesis up to the middle of the grain filling period; remobilization also had a great contribution on yield production in tolerant genotypes under salt stress.

Keywords: Terminal salinity; Wheat; Remobilization

*Corresponding author; m.sharbatkhari@gmail.com